

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-277484

(43)Date of publication of application : 12.10.1999

(51)Int.Cl.

B25J 19/06

B05B 12/00

B25J 19/02

(21)Application number : 10-087754

(71)Applicant : TOKICO LTD

(22)Date of filing : 31.03.1998

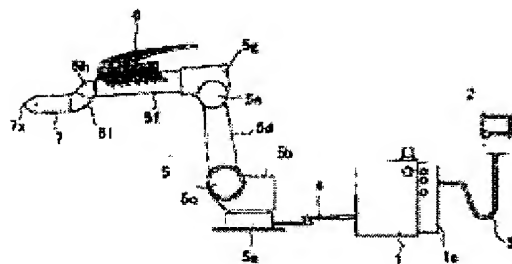
(72)Inventor : TAKAHASHI MASAYOSHI  
WATANABE JUN  
IRIYAMA YOSHIKO

(54) INDUSTRIAL ROBOT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an industrial robot to easily prevent damage to a piping and improve productivity.

SOLUTION: A through-hole is formed in the power transmission mechanism of the internal part of a wrist part throughout a portion ranging from the tip side of a second arm 5f to the rear end of a coating gun 7. Tubes, such as a paint feed tube from a paint apparatus 6 is arranged and an optical fiber cable connected to a controller 1 is arranged. During a paint work, a signal through the optical fiber cable is checked, and at a point of time when the signal is stopped, the paint injection motion of a coating gun 7 is stopped. Further, during arrangement of a pipe, in addition to various tubes for ordinary use, a preliminary tube 3 and a switch valve to switch a flow passage is arranged thereat. When the number of bending times  $\theta_{jn}$  of the wrist part exceeds the given limit number  $j_{lim}$  of times, a working tube is switched to the preliminary tube side.





# 対応なし、英抄

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-277484

(43) 公開日 平成11年(1999)10月12日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

B 2 5 J 19/06

B 2 5 J 19/06

B 0 5 B 12/00

B 0 5 B 12/00

A

B 2 5 J 19/02

B 2 5 J 19/02

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号

特願平10-87754

(22) 出願日

平成10年(1998) 3月31日

(71) 出願人 000003056

トキコ株式会社

川崎市川崎区東田町 8 番地

(72) 発明者 高橋 真義

神奈川県川崎市川崎区富士見 1 丁目 6 番 3

号 トキコ株式会社内

(72) 発明者 渡辺 潤

神奈川県川崎市川崎区富士見 1 丁目 6 番 3

号 トキコ株式会社内

(72) 発明者 入山 佳子

神奈川県川崎市川崎区富士見 1 丁目 6 番 3

号 トキコ株式会社内

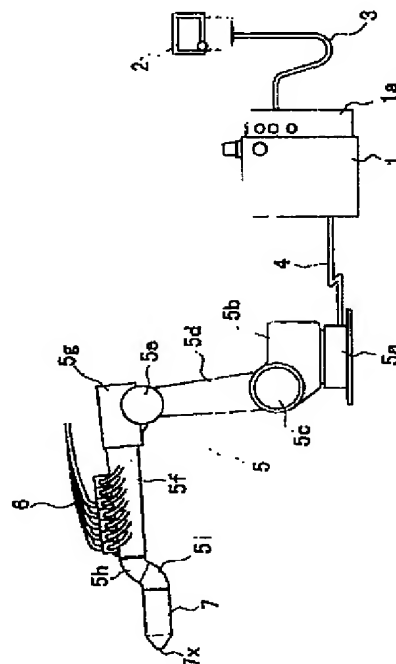
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 工業用ロボット

(57) 【要約】

【課題】 容易に配管の破損を未然防止することを可能とし、生産性を向上させることができる工業用ロボットを提供する。

【解決手段】 第2アーム 5 f の先端側から塗装ガン 7 の後端にかけての手首部分内部の動力伝達機構に通孔 3 0 を設け、これに塗装機器 6 からの塗料供給チューブ等の各チューブを配管すると共に、コントローラ 1 と接続された光ファイバケーブル 3 3 - 1 及び 3 3 - 2 を配線する。そして、塗装作業中に光ファイバケーブル 3 3 - 1 及び 3 3 - 2 からの信号をチェックし、信号が途絶えた時点で塗装ガン 7 の塗料噴射動作を停止する。又、配管中に通常使用の各種チューブ 3 2 - i に加えて予備チューブ 3 5 とこれに流路を切り替えるための切替バルブ 6 1 - i 及び 6 2 - i を設け、手首部分の曲げ回数  $\theta_{jn}$  が所定の限界回数  $jlim$  を超えたときに、使用するチューブを予備チューブ 3 5 側に切り替える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 作業の実施に要する所定の流体を可動部に沿って設けられた配管によって供給する工業用ロボットにおいて、前記配管に沿って配線され、前記配管を介して流体が供給される側からの信号を伝達する信号伝達手段と、前記信号伝達手段によって伝達されてきた信号を受け、受けた信号の強度に基づいて前記配管の破損可能性を判断する判断手段とを有することを特徴とする工業用ロボット。

【請求項2】 請求項1記載の工業用ロボットにおいて、前記判断手段での判断結果により前記配管の破損可能性があったとき、作業の実施を停止させる制御手段を更に有することを特徴とする工業用ロボット。

【請求項3】 請求項1又は2記載の工業用ロボットにおいて、前記信号伝達手段は、光ファイバによって構成されることを特徴とする工業用ロボット。

【請求項4】 作業の実施に要する所定の流体を可動部に沿って設けられた配管によって供給する工業用ロボットにおいて、前記配管に沿って配線され、前記配管を介して流体が供給される側からの信号を伝達する信号伝達手段と、前記信号伝達手段によって伝達されてきた信号を受け、受けた信号の強度に基づいて前記配管の破損可能性を判断する判断手段と、前記配管に沿って設けられた予備配管と、前記判断手段での判断結果により前記配管の破損可能性があったとき、流体の供給に使用する配管を前記配管から前記予備配管へ切り替える切替手段とを有することを特徴とする工業用ロボット。

【請求項5】 作業の実施に要する所定の流体を可動部に沿って設けられた配管によって供給する工業用ロボットにおいて、前記配管に沿って設けられた予備配管と、流体の供給に使用する配管を前記配管から前記予備配管へ切り替える切替手段と、前記可動部の動作回数を計数する計数手段と、前記計数手段によって計数された動作回数が所定の回数を超えたとき、前記切替手段に前記予備配管への切替を指示する切替制御手段とを有することを特徴とする工業用ロボット。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、動力伝達機構に配管が設けられた工業用ロボットに関する。

## 【0002】

【従来の技術】塗装作業やシーリング作業等を行うロボットのように、可動部に沿って所定の配管を設ける必要

のある工業用ロボットにおいては、可動部の動力伝達機構を構成する動力伝達軸（シャフト）内に通孔を設けて塗料やエア等の作業用流体を供給するための配管や動作制御信号伝達用の配線を行うこととするのが通例である。一般に、この種の工業用ロボットは、所定の作業プログラムに従って動作するのに必要な作業用信号のみを可動部等と制御手段との間で授受し、専ら予め定められた作業を実行するものとなっている。

【0003】ところが、かかる工業用ロボットでは、可動部の抵抗や曲げ、ひねり等による力が動力伝達軸内の配管に加わるので、作業を継続すると配管は徐々に劣化していき、やがて折れや亀裂、破れ、切断等が生じて破損する。このため、従来においては、配管が破損してから交換したり、或いは、所定の時間毎に配管の劣化状況を点検したりすることとしていた。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、配管が破損してから交換することとしたのでは、交換前の作業によって作業対象物（ワーク）を破損してしまうことがある。又、塗料の配管が動力伝達機構内に設けられている塗装ロボット等にあつては、ワークを不良にするばかりでなく、動力伝達機構内部に塗料やシンナーが漏れ、動力伝達機構全体を交換しなければならなくなる。このため、従来の工業用ロボットにおいては、配管の破損が不良品を出す上にメンテナンスに多くの工数、費用等を要し、生産性に多大な悪影響を及ぼすという問題があった。

【0005】一方、所定の時間毎に配管の劣化状況を点検することとした場合には、定期的に動力伝達機構の部分を分解する必要がある。このため、メンテナンスに多くの工数、費用等を要することになり、上記同様、やはり生産性が損なわれるという問題があった。

【0006】本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、多くの工数や費用等を要せず、かつ、作業対象物を破損したり不良としたりすることもなく、容易に配管の破損を未然防止することを可能とし、生産性を向上させることができる工業用ロボットを提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、作業の実施に要する所定の流体を可動部に沿って設けられた配管によって供給する工業用ロボットにおいて、前記配管に沿って配線され、前記配管を介して流体が供給される側からの信号を伝達する信号伝達手段と、前記信号伝達手段によって伝達されてきた信号を受け、受けた信号の強度に基づいて前記配管の破損可能性を判断する判断手段とを有することを特徴としている。

【0008】請求項2記載の発明は、請求項1記載の工業用ロボットにおいて、前記判断手段での判断結果により前記配管の破損可能性があったとき、作業の実施を停止させる制御手段を更に有することを特徴としている。

【0009】請求項3記載の発明によれば、請求項1又は2記載の工業用ロボットにおいて、前記信号伝達手段は、光ファイバによって構成されることを特徴としている。

【0010】請求項4記載の発明は、作業の実施に要する所定の流体を可動部に沿って設けられた配管によって供給する工業用ロボットにおいて、前記配管に沿って配線され、前記配管を介して流体が供給される側からの信号を伝達する信号伝達手段と、前記信号伝達手段によって伝達されてきた信号を受け、受け取った信号の強度に基づいて前記配管の破損可能性を判断する判断手段と、前記配管に沿って設けられた予備配管と、前記判断手段での判断結果により前記配管の破損可能性があったとき、流体の供給に使用する配管を前記配管から前記予備配管へ切り替える切替手段とを有することを特徴としている。

【0011】請求項5記載の発明は、作業の実施に要する所定の流体を可動部に沿って設けられた配管によって供給する工業用ロボットにおいて、前記配管に沿って設けられた予備配管と、流体の供給に使用する配管を前記配管から前記予備配管へ切り替える切替手段と、前記可動部の動作回数を計数する計数手段と、前記計数手段によって計数された動作回数が所定の回数を越えたとき、前記切替手段に前記予備配管への切替を指示する切替制御手段とを有することを特徴としている。

【0012】

【発明の実施の形態】<全体構成及び基本動作>以下に、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。初めに、本実施形態の全体的な構成と、それによる全体的な基本動作について概説する。図1は本発明の一実施形態による工業用ロボットを用いて構成した塗装ロボットシステムの全体構成を示す図である。

【0013】この図において、1はコントローラであり、入力装置2からケーブル3を介して各種指示データを受け、ケーブル4を介してマニピュレータ5の各可動部に対する動作指令信号を供給すると共に、マニピュレータ5との間で各種信号の授受を行い、これによりマニピュレータ5の状態を監視しつつ、その動作を制御する。このコントローラ1は、教示プログラム、各種制御パラメータ等を記憶する記憶装置と、それらプログラム等と前記指示データ及びマニピュレータ5から受けた信号等とに基づいて各種演算処理を行う演算処理部とを有しており、該演算処理部における演算処理の結果に基づいてマニピュレータ5の動作を決定し、前記動作指令信号を生成する。

【0014】又、コントローラ1には、マニピュレータ5に設けられた塗装機器6による塗料供給等を制御する塗装機器制御ユニット1aが設けられている。すなわち、コントローラ1は、主としてマニピュレータ5の物理的な動作を制御する部分（上記演算処理部等）と、それによるマニピュレータ5の動作中に塗装作業の実施を

制御する部分（塗装機器制御ユニット1a）とを具備している。尚、コントローラ1の内部構成の詳細や演算処理動作の具体的内容等については後述する。

【0015】入力装置2は、オペレータがマニピュレータ5への動作指令やデータ管理のための指示入力を行う入力装置であり、入力されたデータを前記指示データとしてケーブル3を介してコントローラ1へ供給する。ケーブル3、4は、それぞれ、入力装置2-コントローラ1間、コントローラ1-マニピュレータ5間で授受される信号を伝達する接続線である。

【0016】マニピュレータ5は、本塗装ロボットシステムにおける塗装ロボットの主要部であって、工場床面に取り付けられたボックス5aによって床面の所定位置に固定されている。このマニピュレータ5は、図中に符合5a～5iで示すボックス、旋回ベース及びアーム等と各可動部の駆動ユニット等の構成要素によって構成されており、図2に示すように、各可動部の駆動によって回転角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ 、 $\theta 4$ 、 $\theta 5$ 及び $\theta 6$ の方向にそれぞれ動作可能な6自由度を有するものとなっている（但し、図2はマニピュレータ5の動作形態を把握できるように若干模式的にしてあり、構成要素を一部省略してある。）。以下、マニピュレータ5の各構成要素について、図1と図2を併せて参照しつつ説明する。

【0017】ボックス5aは、上述のように工場床面の所定位置に固定され、図示せぬ第1の可動部駆動ユニットを収納しており、旋回ベース5bがその第1可動部駆動ユニットを介してボックス5a上に取り付けられている。ここに、第1可動部駆動ユニットは、ボックス5a内に固定されたサーボモータ、その出力軸側に設けられた減速機及びエンコーダ等からなっており、旋回ベース5bは、減速機を介してサーボモータの出力軸と連結され、図2中の矢印 $\theta 1$ 方向に回転自在に取り付けられている。そして、第1可動部駆動ユニットのサーボモータがコントローラ1から供給される動作指令信号によって駆動され、これにより、旋回ベース5bが $\theta 1$ 方向に回転し、この回転角度をエンコーダが検出してコントローラ1へ供給するようになっている。

【0018】又、旋回ベース5bには、同様にサーボモータ等からなる第2の可動部駆動ユニット5cが取り付けられている。第2可動部駆動ユニット5cにおいては、サーボモータが旋回ベース5b側に固定されており、その出力軸が減速機を介して第1アーム5dの一端（後方端）と連結されている。そして、この第2可動部駆動ユニット5cのサーボモータがコントローラ1から供給される動作指令信号によって駆動され、これにより、第1アーム5dが図2中の矢印 $\theta 2$ 方向に回転し、この回転角度をエンコーダが検出してコントローラ1へ供給するようになっている。

【0019】一方、第1アーム5dの他端（先方端）には、第3の可動部駆動ユニット5eが取り付けられてい

る。第3可動部駆動ユニット5 eにおいてもサーボモータの出力軸が減速機を介して第2アーム5 f側と連結されており、これがコントローラ1から供給される動作指令信号によって駆動され、第2アーム5 fが図2中の矢印 $\theta 3$ 方向に回転し、この回転角度をエンコーダが検出してコントローラ1へ供給するようになっている。

【0020】第2アーム5 fには、第3可動部駆動ユニット5 eとの連結部側（後方端側）に手首駆動ユニットケース5 gが取り付けられており、先方端側に第1手首部材5 h、第2手首部材5 i、塗装ガン7がそれぞれ図2中の矢印 $\theta 4$ 、 $\theta 5$ 、 $\theta 6$ 方向に回転自在な連結部を介して順次取り付けられている。

【0021】ここで、手首駆動ユニットケース5 g内には、第1手首部材5 h、第2手首部材5 i及び塗装ガン7をそれぞれ回転動作させるためのサーボモータと、それらサーボモータによる回転角度を検出するエンコーダ等とからなる第4、第5及び第6の可動部駆動ユニットが収納されている（図示略）。又、第2アーム5 f等の内部には、それら第4、第5、第6可動部駆動ユニットにて発生された駆動力を $\theta 4$ 、 $\theta 5$ 、 $\theta 6$ 方向の回転力として、それぞれ、第1手首部材5 h、第2手首部材5 i、塗装ガン7へ伝達する動力伝達機構が設けられている。尚、この動力伝達機構の内部には、後述する塗装機器6からの塗料供給チューブ等の配管や信号伝達用の光ファイバケーブル等の配線も設けられているが、この部分の具体的な構成については後に更に詳述する。

【0022】このような手首部分（第2アーム5 fの先端側から塗装ガン7の後端にかけての部分。以下においても同様）の構成において、上記同様、第4、第5、第6可動部駆動ユニットのサーボモータがコントローラ1から供給される動作指令信号によって駆動され、その駆動力が動力伝達機構を介して伝達されて第1手首部材5 h、第2手首部材5 i、塗装ガン7がそれぞれ $\theta 4$ 、 $\theta 5$ 、 $\theta 6$ 方向に回転する。そして、これらの回転角度を各エンコーダが検出し、コントローラ1へ供給するようになっている。

【0023】一方、図1の塗装機器6は、図示せぬ塗料タンクやポンプ等から供給される複数色の塗料、シンナー及び加圧エアを上記動力伝達機構内部の配管へ供給するもので、それらの供給をコントローラ1の塗装機器制御ユニット1 aからの指示信号に従って制御する。

【0024】塗装ガン7は、エアモータのタービンによって回転されるディスクで塗料を拡散しつつ噴射する回転霧化式の塗装ガンである。この塗装ガン7は、動力伝達機構内部の配管を介して塗装機器6と接続され、同機構内部の配線を介してコントローラ1と接続されており、同配管を介して供給される塗料や加圧エア等とコントローラ1から同配線を介して供給される指示信号とに応じてワーク（図示略）に対する塗装作業を実施する。

【0025】本塗装ロボットシステムの全体構成は以上

のようなものとなっており、この構成において、マニピュレータ5は、塗装ガン7を空間上の任意の位置、姿勢に移動させ、上記各可動部の回転角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ 、 $\theta 4$ 、 $\theta 5$ 及び $\theta 6$ によって決定される位置、姿勢にてガン先（図中の符号7 x）から塗料を噴射させ、ワークの塗装を行う。すなわち、本塗装ロボットシステムにおいては、旋回ベース5 b、第1アーム5 d、第2アーム5 f、第1手首部材5 h、第2手首部材5 i及び塗装ガン7の回転角度 $\theta 1 \sim \theta 6$ によって塗装ガン7の位置及び姿勢（ねらい方向）が決定されると共に、塗装機器6の動作及び塗装ガン7の塗料噴射動作によって当該位置及び姿勢での塗装作業の実施内容が決定される。そして、これらの位置、姿勢及び回転角度 $\theta 1 \sim \theta 6$ 並びに塗装作業の実施内容等は、コントローラ1での演算処理により決定され、その決定に基づく第1～第6の可動部駆動ユニットへの動作指令信号と塗装機器6及び塗装ガン7への指示信号とによって制御される。

【0026】＜手首部分への動力伝達機構＞次に、上記動力伝達機構の構成について説明し、上記配管及び配線についての一般的な事項を述べる。

【0027】（1）動力伝達機構

①第1手首部材5 hへの動力伝達機構

図3に手首部分の断面図を示す。この図において、10は第4可動部駆動ユニットにより発生される駆動力を伝達する動力伝達軸であり、同ユニットのサーボモータの出力軸と連結されている。動力伝達軸10の先端には平歯車11 aが取り付けられており、この平歯車11 aは平歯車11 bと啮合している。12は、中心軸を回転角度 $\theta 4$ の回転中心軸と同じくする中空円柱状の回転軸であり、この回転軸12に平歯車11 b及び第1手首部材5 hが取り付けられ、これらが一体に回転するようになっている。

【0028】このような構成において、第4可動部駆動ユニットから駆動力が供給されると、これが動力伝達軸10、平歯車11 aを介して伝達され、平歯車11 bを回転させる。これにより、その回転と共に回転軸12と第1手首部材5 hも回転し、第1手首部材5 hが回転角度 $\theta 4$ の方向に回転することになる。

【0029】②第2手首部材5 iへの動力伝達機構  
一方、13は第5可動部駆動ユニットにより発生される駆動力を伝達する動力伝達軸であり、同ユニットのサーボモータの出力軸と連結されている。動力伝達軸13の先端には平歯車14 aが取り付けられており、この平歯車14 aは平歯車14 bと啮合している。15は、上記回転軸12と同心の中空円柱状部材からなる回転軸であり、回転軸12の内壁側にベアリングを介して設けられ、回転軸12に対して回転自在になっている。平歯車14 bは、この回転軸15に取り付けられており、その取付端と逆側の回転軸15の端部には、笠歯車16が取り付けられ、平歯車14 b、回転軸15及び笠歯車16

が一体に回転するようになっている。

【0030】更に、笠歯車16は笠歯車17と噛合しており、この笠歯車17は回転軸18に取り付けられている。回転軸18は、中心軸を回転角度 $\theta 5$ の回転中心軸と同じくする中空円柱状の回転軸であり、第2手首部材5iに取り付けられてこれと一体に回転するようになっている。第1手首部材5hに対しては外周壁側でベアリングを介して回転自在となっている。すなわち、笠歯車16が回転すると、笠歯車17、回転軸18及び第2手首部材5iが一体に回転するように構成されている。

【0031】このような構成において、第5可動部駆動ユニットから駆動力が供給されると、これが動力伝達軸13、平歯車14a、平歯車14b、回転軸15及び笠歯車16を介して伝達され、笠歯車17を回転させる。これにより、その回転と共に回転軸18と第2手首部材5iも回転し、第2手首部材5iが回転角度 $\theta 5$ の方向に回転することになる。

【0032】③塗装ガン7への動力伝達機構

又、19は第6可動部駆動ユニットにより発生される駆動力を伝達する動力伝達軸であり、同ユニットのサーボモータの出力軸と連結されている。動力伝達軸19の先端には平歯車20aが取り付けられており、この平歯車20aは平歯車20bと噛合している。21は、上記回転軸12及び15と同心の中空円柱状部材からなる回転軸であり、回転軸15の内壁側にベアリングを介して設けられ、回転軸15に対して回転自在になっている。平歯車20bは、この回転軸21に取り付けられており、その取付端と逆側の回転軸21の端部には、笠歯車22が取り付けられ、平歯車20b、回転軸21及び笠歯車22が一体に回転するようになっている。

【0033】更に、笠歯車22は笠歯車23と噛合しており、この笠歯車23は回転軸24に取り付けられている。回転軸24は、上記回転軸18と同心の中空円柱状部材からなる回転軸であり、回転軸18の内壁側にベアリングを介して設けられ、回転軸18に対して回転自在になっている。又、回転軸24の笠歯車23の取付端と逆側の端部には、笠歯車25が取り付けられ、笠歯車23、回転軸24及び笠歯車25が一体に回転するようになっている。

【0034】そして、笠歯車25は笠歯車26と噛合しており、この笠歯車26は回転軸27に取り付けられている。回転軸27は、中心軸を回転角度 $\theta 6$ の回転中心軸と同じくする中空円柱状の回転軸であり、塗装ガン7に取り付けられてこれと一体に回転するようになっている。第2手首部材5iに対しては外周壁側でベアリングを介して回転自在となっている。すなわち、笠歯車25が回転すると、笠歯車26、回転軸27及び塗装ガン7が一体に回転するように構成されている。

【0035】このような構成において、第6可動部駆動ユニットから駆動力が供給されると、これが動力伝達軸

19、平歯車20a、平歯車20b、回転軸21及び笠歯車22、笠歯車23、回転軸24及び笠歯車25を介して伝達され、笠歯車26を回転させる。これにより、その回転と共に回転軸27と塗装ガン7も回転し、塗装ガン7が回転角度 $\theta 6$ の方向に回転することになる。

【0036】(2) 配管及び配線の一般事項

上述したように、動力伝達機構内の各回転軸は中空円柱状の部材によって構成され、それぞれの箇所での同心に設けられている。そして、内側に他の回転軸が存在しない最内回転軸である回転軸21、24及び27については、中心軸に沿った空洞がそのままとなっており、これらの回転軸の空洞によって第2アーム5fの先端部分から塗装ガン7の後端部分にかけての通孔30が形成されている。塗装ガン7への塗料供給チューブやエア供給チューブ等の配管とコントローラ1からの指示信号等を伝達するための配線は、この通孔30に設けられる。

【0037】このため、手首部分の可動部が動作すると、それに伴って塗料供給チューブ等も運動し、曲げやひねりを受ける。これについて、図4に示すマニピュレータ5の数学モデルを参照して説明すると、図示のように、手首部分は3つの軸を中心として回転動作するので、塗料供給チューブ等はこれらの回転動作に沿って運動し、曲げやひねりを受ける。例えば、 $\theta 4$ 方向に第1手首部材5hが回転すると紙面上下方向の曲げと $\theta 4$ 方向のひねりを受け、 $\theta 5$ 方向に第2手首部材5iが回転すると塗装ガン7の部分で曲げとひねりを受け、 $\theta 6$ 方向に塗装ガン7が回転するとひねりを受ける。このように、手首部分の通孔30はマニピュレータ5の動作による力を非常に受けやすい部分となっており、この部分に設けられた配管は徐々に劣化していき、そのまま作業を継続するといずれ破損する。

【0038】本塗装ロボットシステムにおいては、以下に述べる通孔30内の配管及び配線並びに制御動作の特異な形態により、かかる配管の破損及び破損した配管での塗装作業を回避する。

【0039】＜配管及び配線並びに制御動作の種々の形態＞

(1) 第1形態

①配管及び配線

第1の形態における通孔30内の配管及び配線を図5に示す。図5は、通孔30の図3におけるA-A'断面を示す図であり、通孔30の中心である図中の原点は、この場合、回転角度 $\theta 5$ の回転中心軸に当たる。

【0040】図5において、中央に位置する大径の31は、塗装ガン7へ塗料噴射動作のON/OFF用エアを供給するための動力線であり、塗装機器6から第2アーム5f内の空洞を通して通孔30内へ誘導されている。この動力線31の外側に位置する中径の32は、それぞれ、塗装ガン7の塗料噴射動作のための塗料供給チューブやエア供給チューブ、静電用の電圧印加用ケーブル等



である（以下、これらを総称するときは「各種チューブ等32」という。）。ここに、エア供給チューブには、回転霧化式の塗装ガン7の動作に必要なエア軸受け用、エアモータ駆動用、シェービングエア用のエアチューブ等が含まれ、これらのエア供給チューブと塗料供給チューブも動力線31と同様に塗装機器6から第2アーム5f内の空洞を通して通孔30内へ誘導されている。

【0041】各種チューブ等32の更に外側に位置する小径の33-1、33-2は、塗装ガン7のタービンの回転を検出するための光ファイバケーブルであり、上記ケーブル4中に含まれ、コントローラ1からボックス5aや第1アーム5d等の内部空隙を通して通孔30内へ誘導されている。これら光ファイバケーブル33-1、33-2は、上記動力線31や各種チューブ等32に比べて外力に対する強度が若干弱いものとなっており、手首部分内部で動作半径が最も小さくなるところ（曲げやひねり等による力が最も強く加わることになるところ。ここでは図示のように配管の最も外側）に配置する。

【0042】通孔30内には以上のような形態の配管及び配線が設けられ、これらがすべて塗装ガン7へ入力（接続）されている。そして、動力線31、各種チューブ等32は、それぞれ、コントローラ1によって制御される塗装機器6からのON/OFF用エア、塗料及び加圧エア等を塗装ガン7へ供給する。一方、光ファイバケーブル33-1、33-2は、塗装ガン7からのタービンの回転検出信号をコントローラ1へ伝達する。

【0043】ここに、回転検出信号とは、本塗装ロボットシステムにおける塗装作業の実施状態を把握するための信号の一例であり、その伝達に光ファイバケーブルを用いる本形態ではタービンで回転される塗料拡散用のカップ又はベル形の回転体からの反射光等がこれに当たる。この信号は、コントローラ1側に適当な強度の入射光光源を設ける等して光ファイバケーブルが損傷しない限り常に「0」でない一定レベル以上の値を有するようにする。

#### 【0044】②信号系の構成

次に、本形態での塗装ロボットシステムにおける信号系等について説明する。図6に同塗装ロボットシステムの信号の系統図を示す。尚、この図においては、2点鎖線で囲まれた部分が上記コントローラ1に対応する。

【0045】図示のように、コントローラ1内には、各種制御演算を行う演算処理部であるCPU40、入出力インターフェイス41、データインターフェイス42、モータドライバD1～D6及びモータドライバDP等が設けられている。入出力インターフェイス41は、CPU40と上記塗装機器6及び塗装ガン7や他の周辺装置等との間を接続するインターフェイスであり、これらの間で授受される信号を所定の信号形態として伝達する。

【0048】ここに、他の周辺装置としては、ワークの供給装置であるワークコンベア43や生産ライン全体を

管理する中央管理装置44等がある。ワークコンベア43は、ワークの供給が完了したときに供給完了信号「WORK SET」を送信し、これをCPU40が入出力インターフェイス41を介して受けることにより塗装作業のための制御演算処理が開始される。又、ワークの塗装作業が完了したときには、CPU40が入出力インターフェイス41を介して塗装作業完了信号「PAINT FIN」をワークコンベア43へ送出し、続くワークの供給が可能である旨を知らせる。一方、中央管理装置44は、インターフェイス41とバス45とを介してCPU40との間で所定の信号を授受する。

【0047】データインターフェイス42は、CPU40とモータドライバD1～D6及びDPとの間を接続するインターフェイスであり、これらの間で授受される信号を所定の信号形態として伝達する。

【0048】モータドライバD1、D2、…、D6は、それぞれ、データインターフェイス42を介してCPU40から受けた指令信号に応じて、マニピュレータ5の第1、第2、…、第6可動部駆動ユニットのサーボモータM1、M2、…、M6へ駆動電流（上記動作指令信号）を供給する。又、各モータドライバは、自己が駆動電流を供給するサーボモータから（正確にはそのサーボモータに付設された上述のエンコーダから）回転角度に応じた信号を受け、それぞれの可動部の回転角度データとしてデータインターフェイス42を介してCPU40へ供給する。

【0049】モータドライバDPは、データインターフェイス42を介してCPU40から受けた信号に応じて、モータMPへ駆動電流を供給する。又、モータMPから駆動状況に応じた信号を受け、データインターフェイス42を介してCPU40へ供給する。

【0050】モータMPは、塗装機器6等によって構成される塗料供給系側に設けられたモータであり、ポンプ46を駆動するものである。ポンプ46は、配管内を流れる塗料やエア等を所定の流量及び圧力で流動させるF、G、P（Flow Generating Pump）である。

【0051】尚、塗料供給系は、上述した通孔30内の配管（図6ではポンプ46と塗装ガン7との間に略記された管がこれに当たる。）やモータMP、ポンプ46のほか、図示のように、シンナーの供給をON/OFFするバルブ47、エアの供給をON/OFFするバルブ48、塗料PAINT1、PAINT2の供給切替とその供給のON/OFFを行う色替えバルブ49、これらのバルブを介して供給される流体の流出をON/OFFするバルブ50等によって構成された色替えバルブユニット51を具備しており、この色替えバルブユニット51の各バルブ47～50のON/OFF等は、CPU40が入出力インターフェイス41を介して送信する指示信号によってそれぞれ制御するようになっている。このような構成により、バルブ50を介して流入する流体（塗料やエア等）



をポンプ46が所定の流量及び圧力で塗装ガン7側（通孔30内の配管）へ供給する。

【0052】又、CPU40は、入出力インターフェイス41を介して塗装ガン7と接続されており、塗装ガン7に対して塗料噴射動作のON/OFF指示信号を送信できるようになっている。ここで、図中の入出力インターフェイス41と塗装ガン7との間の接続線は、簡略化のために一本に略記してあるが、上記光ファイバケーブル33-1と33-2の双方に相当する。これらの光ファイバケーブルは、塗装ガン7からのタービンの回転検出信号をコントローラ1へ伝達するものであるが、コントローラ1からのON/OFF指示信号の送信においても、入出力インターフェイス41と塗装ガン7との間の信号伝達に光ファイバケーブル33-1か33-2のいずれか一方を利用する。但し、これらとは別にON/OFF指示信号送信用の光ファイバケーブルを設けることとしてもよく、その場合も該光ファイバケーブルによって塗装ガン7と入出力インターフェイス41との間を接続し、CPU40からのON/OFF指示信号を入出力インターフェイス41を介して送信する。

#### 【0053】③制御動作

次に、上記構成による本形態における制御動作について、図7及び図8を参照して説明する。図7は、マニピュレータ5全体についての制御を含む制御動作の処理手順を示す図であり、図8は、図7の処理中に行われる塗装システムチェックの処理手順を示す図である。尚、図7に示す処理は、非常に短い一定時間毎（例えば10ms毎）にコントローラ1において行われるもので、ここにいう一定時間とは、コントローラ1とマニピュレータ5等との間で各可動部の回転角度データや動作指令信号等の授受が行われる一定時間（以下、「制御周期」という。）がこれに当たる。

【0054】図7において、まず、各可動部駆動ユニットから供給されている各可動部の回転角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ をCPU40がモータドライバD1～D6、データインターフェイス42を介して取り込み、これらの取り込んだ回転角度に基づいて、塗装ガン7の現在位置（ガン先7xの現在位置）を算出する（ステップS1）。尚、この位置は、幾何学的手法により、各可動部の回転角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ の関数として算出することができる。

【0055】次に、CPU40が入出力インターフェイス41を介してチェックケーブルからの信号を取り込み、塗装システムチェック処理を行って異常発生の有無を診断する（ステップS2）。ここに、チェックケーブルとは、塗装ロボットシステム内の異常検出に用いる信号をマニピュレータ5側からコントローラ1側へ伝達するケーブルであり、本形態では、このチェックケーブルとして上述の光ファイバケーブル33-1と33-2を用いる。CPU40は、塗装ロボットシステム内の異常検出用の信号に上記回転検出信号を用い、図8に示す手

順に従ってステップS2における塗装システムチェック処理を行う。

【0056】塗装システムチェック処理では、まず、チェックケーブルが何本目のものかを数えるためのカウンタ*i*を‘1’に初期化する（図8のステップS20）。次いで、システムエラー信号が“OFF”の状態であるかどうか、又は、カウンタ*i*の値がチェックケーブルの総本数以下であるかどうかを判断する（ステップS21）。そして、これら2つの判断の結果が共に“YES”となる限り、ステップS22以下の処理を繰り返す。

【0057】ここで、システムエラー信号とは、塗装ロボットシステム内に異常が発生したときに“ON”状態とする信号であり、塗装ロボットシステムの動作開始時に“OFF”状態にセットし、後述する異常発生時の処理にて“ON”状態としない限り、各制御周期を通じて常に“OFF”状態に維持される。又、カウンタ*i*の値は、図8の処理を行う度にその最初のステップS20で

‘1’に初期化され、各チェックケーブルについての処理で異常なしとされる度にインクリメントされる（後述）ので、現制御周期においてこれから処理するチェックケーブルが何本目かを表す値になる。従って、ステップS21でカウンタ*i*の値がチェックケーブルの総本数以下かどうかを判断することは、現制御周期においてすべてのチェックケーブルについての処理が終了したかどうかを判断することに相当する。

【0058】本形態では、チェックケーブルとして光ファイバケーブル33-1と33-2を用いるので、カウンタ*i*との比較対象となる総本数は‘2’である。このため、塗装ロボットシステムの動作開始当初で初めて図8の処理が行われる場合、システムエラー信号は“OFF”状態であり、かつ、ステップS20でカウンタ*i*を‘1’とした直後ではカウンタ*i*の値が総本数以下であるから、ステップS21における上記2つの判断の結果は共に“YES”となり、ステップS22以下の処理に進む。

【0059】ステップS22では、CPU40が入出力インターフェイス41を介して*i*番目のチェックケーブルからの信号を取り込み、これを信号値変数signalに代入する。ここに、信号値変数signalは、CPU40が演算処理で使用するデータ記憶部（RAM）内に確保された所定の記憶領域であり、ステップS22の処理を行う度にチェックケーブルから取り込んだ信号が示す値に上書きする。尚、チェックケーブルの番号は予め適当に定めておく。

【0060】続いてステップS23へ進み、信号値変数signalの値が‘0’であるかどうか、すなわち、*i*番目のチェックケーブルからの信号が途切れたかどうかを判断する。そして、信号値変数signalの値が‘0’であった場合にはステップS24へ進んでシステムエラー信号を

S25へ進んでカウンタ*i*を‘1’インクリメントする。これにより、チェックケーブルからの信号が途絶したときには異常が発生したと診断され、チェックケーブルから何等かの信号が伝達されてきている間はカウンタ*i*の値が次に処理すべきチェックケーブルの番号に更新されることになる。

【0061】以後、ステップS21での判断結果が“YES”となる限り、上記同様の異常検出処理が繰り返行われる。すなわち、システムエラー信号が“ON”状態となるか、或いは、すべてのチェックケーブルについて10の処理が終了するまで、上記ステップS22以下の処理が繰り返される。そして、ステップS24でシステムエラー信号が“ON”状態とされるとステップS21での判断結果が“NO”となり、図8の塗装システムチェック処理を終了して図7の処理へ戻る。又、すべてのチェックケーブルについての処理が終了したときもステップS21での判断結果が“NO”となって図7の処理へ戻る。

【0062】ここで、本形態におけるチェックケーブルである光ファイバケーブル33-1と33-2は、上述したように、共に通孔30内に配管されている動力線31や各種チューブ等32に比べて強度が弱い上に、力が最も強く加わるところに配置されている。従って、手首部分の動作により配管に折れ、亀裂、破れ、切断等が生ずる前にチェックケーブルの方が断線し、上記図8のステップS22以下の処理による異常検出においては、その断線により信号が途絶してシステムエラー信号が“ON”状態とされることになる。これにより、配管が実際に破損する前に、それが配置されたところでの曲げやひねりによって劣化してきており、やがて破損することになるということを予め知ることができる。

【0063】このようにして図8の塗装システムチェック処理が終了すると、図7の処理がステップS2からステップS3へ進み、システムエラー信号が“ON”状態が否かを判断する。すなわち、上記塗装システムチェック処理後のシステムエラー信号により、塗装ロボットシステム内に異常が発生したかどうか（チェックケーブルからの信号が途絶えたかどうか）を判断する。

【0064】このとき、異常が発生してシステムエラー信号が“ON”状態となっていた場合には、動作中の現在位置が教示プログラムの再生途中の位置（塗装作業中の位置）であるかどうかを判断する（ステップS4）。この判断は、具体的には、上記ステップS1で求めた塗装ガン7の現在位置が教示プログラムにおける第1番目の教示点位置より後の位置かどうかを判断すると共に、同現在位置が教示プログラムにおける最終の教示点位置でないかどうかを判断することによって行う。

【0065】このステップS4での判断において、現在位置が再生途中の位置であった場合には、判断結果が“YES”となってステップS5へ進み、塗装ガン7を移動させるべき目標位置を教示プログラムに基づく次の

目標位置に更新する。一方、現在位置が再生途中の位置でなかった場合（すなわち、待機中であった場合）には、判断結果が“NO”となってステップS6へ進み、目標位置を更新せずに現在の位置をそのまま目標位置とする。このようにしてステップS4での判断結果に応じた目標位置設定を行った後に、ステップS7の処理へ進む。

【0066】ステップS7では、教示プログラムや入力装置2からの指示データ等に基づく現在の塗装ガン7に対する制御指令の如何に関わらず、次に塗装ガン7へ供給するON/OFF指示信号の指示値をOFFの方にする（CPU40がこの指示値の格納領域にOFF指示の値をセットする。）。その後、ステップS8へ進み、上記ワークコンベア43や中央管理装置44等へ塗料供給系のエラー信号を送信する。

【0067】一方、ステップS3において、システムエラー信号が“OFF”状態であった場合には、ステップS9へ進み、塗装ガン7を移動させるべき目標位置を次の目標位置に更新する。これは、何等異常が検出されないときには、プログラムの再生中かどうかを考慮するまでもなく、通常の動作制御と同様に目標位置を更新する処理を継続することを意味する。又、この後も通常の動作制御同様、教示プログラム中の教示データから塗装ガン7に対する塗料噴射動作のON/OFF指示情報を読み込む（ステップS10）。

【0068】次に、上記ステップS5、S6又はS9で設定した目標位置と、上記ステップS1で求めた現在位置とに基づき、CPU40がモータドライバD1〜D6へ出力すべきマニピュレータ5の動作に対する指令信号を算出する（ステップS11）。

【0069】その後、ステップS12へ進み、CPU40は、上記ステップS7でOFF指示値にセットしたON/OFF指示信号を、入出力インターフェイス41と信号が途絶えた方でない光ファイバケーブルとを介して塗装ガン7へ送信し、塗装ガン7の塗料噴射動作を停止する。又、必要に応じて上記塗料供給系の各バルブをOFF（閉鎖）したり、モータMPの駆動を停止したりする指示信号も送信する。

【0070】続いて、上記ステップS11で算出した指令信号をCPU40がモータドライバD1〜D6へ出力し、これを受けたモータドライバD1〜D6がそれぞれマニピュレータの可動部駆動ユニットのサーボモータへ動作指令信号を供給する（ステップS13）。これにより、設定された目標位置へのマニピュレータ5の動作が実行される。

【0071】以後、制御周期毎に、上述した図7及び図8の処理が同様に実行され、常にチェックケーブルからの信号が監視されつつマニピュレータ5の物理的動作と塗装ガン7の塗料噴射動作とが制御される。これにより、異常が発生してシステムエラー信号が“ON”状態

となった場合であって、かつ、教示プログラムの再生中である場合には、ステップS5で教示プログラムに基づく次の目標位置が設定され、ステップS7で塗装ガン7へのON/OFF指示信号にOFF指示値が設定されるので、塗装ガンの塗料噴射動作のみが停止し、マニピュレータ5自体は教示プログラムに従って動作することになる。

【0072】一方、システムエラー信号が“ON”状態となった場合であって、かつ、教示プログラムの再生中でない場合（再生終了時若しくは再生前の待機時等の場合）には、ステップS6で現在位置がそのまま目標位置とされ、ステップS7でON/OFF指示信号にOFF指示値が設定されるので、塗装ガンの塗料噴射動作のみならず、マニピュレータ5自体の動作も停止することになる。又、この場合の制御動作は、上記教示プログラム再生中の場合で、塗装ガンの塗料噴射動作のみが停止した後にマニピュレータ5の教示プログラムに従った動作が進行して最終教示点位置に到達した場合にも行われるので、教示プログラム再生中に異常が発生したときには、まず塗装ガン7の塗料噴射のみが停止し、その後位置軌道の再生が終了した時点でマニピュレータ5の動作も停止することになる。

【0073】従って、配管に破損のおそれが生じた時点で塗装作業が中止されるので、ワークを不良にすることはなく、かつ、動力伝達機構内で塗料漏れを起こすこともない。更に、塗装作業を中止するときでも、常にマニピュレータ5自体の動作は最終教示点位置まで再生されるので、ワークの不良を出さないばかりでなく、マニピュレータ5とワークとの干渉も回避することができ、安全性が向上することになる。

【0074】尚、システムエラー信号が“OFF”状態を維持しているとき（異常なく正常の状態を維持しているとき）は、ステップS9、S10で目標位置設定等が通常通り行われるので、教示プログラムに従った塗装作業が通常通り実施される。

【0075】以上が本塗装ロボットシステムにおける配管及び配線並びに制御動作の第1形態である。上述したように塗装作業が中止された場合にあっては、マニピュレータ5の動作停止後に配管の交換を行えばよい。

#### 【0076】④第1形態の変形形態

上記第1形態においては、異常検出のためのチェックケーブルに光ファイバケーブルを用いることとしていた。これは、本実施形態のような回転霧化式の塗装ガンを具備した塗装ロボットシステムにおいては、防爆性の面からして特に有効である。

【0077】但し、チェックケーブルは、光ファイバケーブルに限定されるものではなく、塗装ガン7側からの信号を伝達できるものであって、手首部分の動作によって各チューブよりも早く破損するような構造、配置等で設けられたものであればよく、例えば、微弱電流を流す

電線やエアチューブ等でもよい。ここで、電線の場合にはコントローラ側でマニピュレータ側からの電流値を検出し、エアチューブの場合にはコントローラ側で圧力を検出し、上記同様にそれらの検出値の低下を監視することとすればよい。

【0078】又、上記第1形態においては、チェックケーブルと塗装ガン7への信号伝達用の信号線とを共用したが、特別にチェックケーブルとして用いる異常診断用の信号線を配線することとしてもよい。かかる特別の信号伝達用ケーブルを設けた例を図9に示す。この図は、上記図5と同様、通孔30の図3におけるA-A'断面に相当する図である。図中の符号34が信号伝達用ケーブルであり、この例では、各種チューブ等32の外側で手首部分の屈折部となるところに配線されている。

【0079】尚、チェックケーブルの本数も限られるものではなく、必要に応じて適当な本数のチェックケーブルを配線することとしてもよい。

#### 【0080】(2)第2形態

##### ①配管及び配線

次に、本塗装ロボットシステムにおける配管及び配線並びに制御動作の第2の形態について説明する。本形態における通孔30内の配管及び配線を図10に示す。この図も通孔30の図3におけるA-A'断面を示す図となっている。

【0081】図10においては、上記第1形態と同様の配管及び配線を図5と同一符号で表してある。すなわち、本形態においても、上述した動力線31、各種チューブ等32、光ファイバケーブル33-1、33-2が同様に配置されている。但し、各種チューブ等32のうちの1つが予備チューブ35と入れ代わっており、当該1つのチューブは予備チューブ35の外側に位置している。予備チューブ35は、通常時に使用する各種チューブ等32が破損したときに代替使用するもので、図示のようにそれら通常使用の管内側に1本配置されている。

【0082】ここで、本形態における各種チューブ等32と予備チューブ35について、塗装機器6側から通孔30を経て塗装ガン7側に至るまでの接続形態を説明する。図11にその接続形態図を示す。尚、この図は、接続の形態を示すのみで、各チューブ等の実際の配置を示すものではない（配置は上述したとおりである。）。

又、この図では、各種チューブ等32と予備チューブ35の接続に関わる部分以外の構成要素は省略してある。

【0083】図11においては、図中右側が塗装機器6側、中央が通孔30内、左側が塗装ガン7側に相当する。60-1、60-2、…、60-nは、塗装機器6から誘導され、それぞれ塗料、エア、シンナー等を供給する供給側チューブである。

【0084】61-1、61-2、…、61-nは、各チューブが手首部分内部に入る直前に設けられた切替バルブであり、それぞれ、流入端側が供給側チューブ60

-1、60-2、…、60-nと接続され、流出端側が各種チューブ32-1、32-2、…、32-n及び予備チューブ35と接続されている。ここに、各種チューブ32-1、32-2、…、32-nは、上記各種チューブ等32に含まれるそれぞれのチューブを表しているものである。又、予備チューブ35は、すべての切替バルブ61-1～61-nと接続されている。

【0085】各切替バルブ61-i (i=1、2、…、n)は、それぞれコントローラ1からの切替制御信号(図示略)によって動作し、各供給側チューブ60-iを各種チューブ32-i又は予備チューブ35のいずれか一方と接続する。図は予備チューブ35を使用しない通常時の状態(初期状態)を示しており、このときは各供給側チューブ60-iと各種チューブ32-iとの間が開放され、予備チューブ35側は閉鎖されている。これに対し、いずれかの切替バルブにコントローラ1から流路切替を指示する切替制御信号が供給されると、当該切替バルブの流路は図中上側の流路に切り替わり、供給側チューブと予備チューブ35との間が開放され、各種チューブ側は閉鎖される。

【0086】各種チューブ32-1～32-nと予備チューブ35は、これら切替バルブ61-1～61-nの流出端側直後から手首部分の内部へ入り、通孔30内を上述した配置で誘導されている。そして、手首部分先端の通孔30の出口側又は塗装ガン7の配管入口側にもう一段切替バルブ62-1、62-2、…、62-nが設けられている。

【0087】切替バルブ62-1、62-2、…、62-nは、それぞれ、流入端側が各種チューブ32-1、32-2、…、32-n及び予備チューブ35と接続され、流出端側が被供給側チューブ63-1、63-2、…、63-nと接続されている。ここに、被供給側チューブ63-1、63-2、…、63-nは、供給されてきた塗料等を塗装ガン7内の所定位置へ誘導するチューブである。又、予備チューブ35は、すべての切替バルブ62-1～62-nとも接続されており、切替バルブ61-1～61-nと62-1～62-nとの間にも配置されたものとなっている。

【0088】各切替バルブ62-iもそれぞれコントローラ1からの切替制御信号(図示略)によって動作し、各種チューブ32-i又は予備チューブ35のいずれか一方を各被供給側チューブ63-iと接続する。図はこれらについても予備チューブ35を使用しない通常時の状態(初期状態)を示しており、各種チューブ32-iと各被供給側チューブ63-iとの間が開放され、予備チューブ35側は閉鎖されている。これに対し、いずれかの切替バルブにコントローラ1から流路切替を指示する切替制御信号が供給されると、当該切替バルブの流路は図中上側の流路に切り替わり、予備チューブ35と被供給側チューブとの間が開放され、各種チューブ側は閉

鎖される。

【0089】本形態における配管の接続形態は以上のようになっており、コントローラ1からの切替制御信号で上記各切替バルブを操作することによって、各種チューブ32-1～32-nのうちの破損したもの或いは破損のおそれがあるものを直ちに予備チューブ35で代替する配管接続とすることができるようになっている。

#### 【0090】②信号系の構成

次に、本形態での塗装ロボットシステムにおける信号系等について説明する。図12に信号の系統図を示す。但し、この図は、本形態においても上記図6と同様に設けられるワークコンベア43、中央管理装置44、バス45、ポンプ46、バルブ47～50、モータドライバD及びモータMPについての図示を省略して簡略化してある(従ってこれらについての説明も省略する。)。尚、図12において、2点鎖線で囲まれた部分は図6同様コントローラ1に対応するが、CPU等による実現機能が上記第1形態とは異なるので、新たに符号を付して説明する。

【0091】コントローラ1内には、各種制御演算を行う演算処理部であるCPU70、入出力インターフェイス71、データインターフェイス72及びモータドライバD1～D6等が設けられている。本形態におけるCPU70は、図示のように、入出力インターフェイス71を介して上記切替バルブ60-1～60-n及び62-1～62-nとそれぞれ接続されており、入出力インターフェイス71がこれら間で授受される信号を所定の信号形態として伝達する(但し、切替バルブ62-1～62-nは煩雑化回避のため図示省略。これらは塗装ガン7側に設けられている。)。これにより、CPU70がその演算処理結果に応じて各切替バルブへ上記切替制御信号を送信することができるようになっている。

【0092】データインターフェイス72は、CPU70とモータドライバD1～D6との間を接続するインターフェイスであり、これら間で授受される信号を所定の信号形態として伝達する。モータドライバD1～D6及びこれらによって駆動される第1～第6可動部駆動ユニットのサーボモータM1～M6は、上記図6に示したものと同様であり、各モータドライバがデータインターフェイス72を介してCPU70から受けた指令信号に応じた駆動電流を各サーボモータへ供給すると共に、各サーボモータからの回転角度に応じた信号を各可動部の回転角度データとしてデータインターフェイス72を介してCPU70へ供給する。

【0093】尚、塗料供給系の上記図6におけるポンプ46、バルブ47～50及びモータMP等からなる部分は、供給側チューブ60-1～60-nの前段に設けられる。

#### 【0094】③制御動作

次に、上記構成による本形態における制御動作について

説明する。上述したように、本形態は、通孔30内のチューブに実際に破損が生じた場合には直ちに予備チューブ35へ切り替えることができるようになっているが、実際には破損が生じていない場合でも、破損のおそれがあるときには予備チューブ35への切替ができるものとなっており、その切替動作を可能とするのが以下に述べる制御動作である。

【0095】図13は、マニピュレータ5全体についての制御を含む制御動作の処理手順を示す図であり、図14は、本塗装ロボットシステムの動作開始時と終了時10 に行う演算処理の手順を示す図である。以下、説明の便宜上、図13の制御動作処理の方から説明する。尚、図13に示す処理も、上記図7同様、非常に短い制御周期（例えば10ms程度の一定時間）毎にコントローラ1において行われる。

【0096】図13において、まず、各可動部駆動ユニットから供給されている各可動部の回転角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ をCPU70がモータドライバD1～D6、データインターフェイス72を介して取り込み、これらの取り込んだ回転角度に基づいて、塗装ガン7の現在位置（ガン先7xの現在位置）を算出する（ステップS30）。尚、この位置は、幾何学的手法により、各可動部の回転角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ の関数として算出することができる。

【0097】次に、取り込んだ回転角度 $\theta_4$ が所定の制限値の範囲を超えているかどうかチェックする（ステップS31）。ここにいう所定の制限値の範囲とは、通孔30内の配管（上記各チューブ）に加わる曲げやひねり等による力が配管を劣化させない程度の大きさとなるような可動部の回転角度範囲であり、これを超える場合には配管が劣化すると判断するものである。本形態では、この制限値の範囲を配管が曲げられたか否かという基準で設定する。すなわち、ステップS31で用いる制限値の範囲は、配管が曲げられていないと認められる第1手首部材5hの回転角度 $\theta_4$ の上限値 $\theta_{4max}$ と下限値 $\theta_{4min}$ とを予め設定し、それら上下限値間の範囲とする。そして、ステップS31では、取り込んだ回転角度 $\theta_4$ が上限値 $\theta_{4max}$ を上回るか否かと、下限値 $\theta_{4min}$ を下回るか否かとを判断することによって、第1手首部材5hの回転角度 $\theta_4$ が制限値の範囲を超えたかどうか（配管が曲げられたかどうか）を判断する。

【0098】ステップS31での判断において、取り込んだ回転角度 $\theta_4$ が上限値 $\theta_{4max}$ を上回っていた場合、又は、下限値 $\theta_{4min}$ を下回っていた場合には、第1手首部材5hの回転角度 $\theta_4$ が制限値の範囲を超えていることを示すフラグ $\theta_{4chk\_f}$ を‘ON’とする（ステップS32）。

【0099】一方、取り込んだ回転角度 $\theta_4$ が上限値 $\theta_{4max}$ を上回っておらず、かつ、下限値 $\theta_{4min}$ を下回っていない場合には、ステップS31からS33へ進み、フラグ $\theta_{4chk\_f}$ が‘ON’となっているかどうかを判断する。

ここで、ステップS31からS33へ進んだときにフラグ $\theta_{4chk\_f}$ が‘ON’となっているのは、回転角度 $\theta_4$ が一度制限値の範囲を超えてフラグ $\theta_{4chk\_f}$ が‘ON’とされた後に、再び制限値の範囲内となった場合、すなわち、配管が1回曲げられた場合である。このため、ステップS33でフラグ $\theta_{4chk\_f}$ が‘ON’となっていた場合には、第1手首部材5hのところ（第4可動部）で配管に曲げがかかった回数を記録する曲げ回数 $\theta_{4n}$ の値を1インクリメントする（ステップS34）。その後、フラグ $\theta_{4chk\_f}$ を‘OFF’とし（ステップS35）、後続の処理へと進む。

【0100】尚、ステップS33でフラグ $\theta_{4chk\_f}$ が‘OFF’となっていた場合には、上記ステップS34及びS35の処理を行わずにそのまま後続の処理へと進む。

【0101】続いて、ステップS36～S40において、取り込んだ回転角度 $\theta_5$ についても上記ステップS31～S35と同様のチェック処理を行う。すなわち、まず、回転角度 $\theta_5$ が上限値 $\theta_{5max}$ を上回るか否かと下限値 $\theta_{5min}$ を下回るか否かによって制限値の範囲を超えたかどうか判断し（ステップS36）、超えていた場合にはフラグ $\theta_{5chk\_f}$ を‘ON’とし（ステップS37）、超えていない場合にはフラグ $\theta_{5chk\_f}$ が‘ON’となっているかどうか判断する（ステップS38）。尚、ここで用いる制限値の範囲についても、上記同様に配管が曲げられていないと認められる第2手首部材5iの回転角度 $\theta_5$ の上限値 $\theta_{5max}$ と下限値 $\theta_{4min}$ とを設定しておく。そして、フラグ $\theta_{5chk\_f}$ が‘ON’となっていた場合には、第2手首部材5iのところ（第5可動部）で配管に曲げがかかった回数を記録する曲げ回数 $\theta_{5n}$ の値を1インクリメント（ステップS39）した後、フラグ $\theta_{5chk\_f}$ を‘OFF’として（ステップS40）後続の処理へ進み、フラグ $\theta_{5chk\_f}$ が‘OFF’となっていた場合には、これらの処理を行わずに後続の処理へと進む。

【0102】更に、ステップS41～S45においては、取り込んだ回転角度 $\theta_6$ について上記ステップS31～S35やS36～S40と同様のチェック処理を行う。すなわち、まず、回転角度 $\theta_6$ が上限値 $\theta_{6max}$ を上回るか否かと下限値 $\theta_{6min}$ を下回るか否かによって制限値の範囲を超えたかどうか判断し（ステップS41）、超えていた場合にはフラグ $\theta_{6chk\_f}$ を‘ON’とし（ステップS42）、超えていない場合にはフラグ $\theta_{6chk\_f}$ が‘ON’となっているかどうか判断する（ステップS43）。尚、ここで用いる制限値の範囲についても、上記同様に配管が曲げられていないと認められる塗装ガン7の回転角度 $\theta_6$ の上限値 $\theta_{6max}$ と下限値 $\theta_{6min}$ とを設定しておく。そして、フラグ $\theta_{6chk\_f}$ が‘ON’となっていた場合には、塗装ガン7のところ（第6可動部）で配管に曲げがかかった回数を記録する曲げ回数 $\theta_{6n}$ の値を1インクリメント（ステップS44）した後、フラグ $\theta_{6chk\_f}$ を‘OFF’として（ステップS45）後続の処理へ進み、フラグ $\theta_{6c}$

hk\_fが‘OFF’となっていた場合には、これらの処理を行わずに後続の処理へと進む。

【0103】次に、塗装ガン7を移動させるべき目標位置を教示プログラムに基づく次の目標位置に更新する（ステップS46）。尚、現在、塗装作業の教示プログラムの再生中でなければ、現在の待機位置がそのまま次の目標位置とされることになる。その後、ステップS47へ進み、マニピュレータ5が教示プログラムの再生中（塗装作業の動作中）であるか待機中（静止中）であるかを判断する。

【0104】このとき、マニピュレータ5が待機中であつた場合にはステップS47からS48以下の処理へ進み、第4～第6可動部それぞれでの配管の曲げ回数 $\theta_{jn}$ （ $j=4, 5, 6$ ）についてのチェック処理を行う。まず、曲げ回数 $\theta_{jn}$ が所定の限界回数 $\theta_{jlim}$ （ $j=4, 5, 6$ ）を超えていないかどうかをチェックする（ステップS49）。ここにいう限界回数とは、配管中のチューブが劣化してきており、それ以上曲げると破損する可能性があるものと認められる曲げ回数である。尚、各可動部での曲げ回数それぞれについての限界回数（ $\theta_{4lim}$ 、 $\theta_{5lim}$ 及び $\theta_{6lim}$ ）は予め適宜設定しておく。

【0105】ステップS49において、曲げ回数 $\theta_{jn}$ が限界回数 $\theta_{jlim}$ を超えていた場合にはステップS50へ進み、チューブを既に交換したかどうかを判断する。すなわち、配管中のチューブで塗料等の供給に使用していたものを前回の制御周期までに予備チューブ35に交換したかどうかを判断する。このチューブ交換処理については後述するが、ステップS50でチューブを既に交換していた場合にはステップS51へ進み、コントローラ1は上記中央管理装置44へ又は入力装置2のディスプレイ等を介してオペレータへチューブの交換を指示する。

【0106】これに対し、ステップS50で未だチューブを交換していなかった場合にはステップS52へ進み、予備チューブ35へのチューブ交換処理を行う。この処理は、配管中のチューブで塗料等の供給路として使用していたもの、すなわち、各種チューブ32-1～32-nのうちのいずれかが接続されている切替バルブ61-i及び62-iに対し、コントローラ1がCPU70から入出力インターフェイス71を介して流路切替を指示する切替制御信号を送信する。これにより、当該切替バルブ61-i及び62-iの流路を図11中上側の流路に切り替え、供給側チューブ60-iと被供給側チューブ63-iとの間を各種チューブ32-iに代えて予備チューブ35によって接続する。ここで、このようにして予備チューブ35を代替使用することとする各種チューブ32-iとしては、最も古いチューブや最も使用頻度が高かったチューブ等、最も劣化が進行していると思われるものを適宜選択する。又、コントローラ1は、上記切替制御信号を送信した際に、チューブ交換処理を行った旨を以後の制御周期における上記ステップS50での判

断処理に供する情報として記憶装置に記憶しておく。

【0107】尚、ステップS49でいずれの曲げ回数 $\theta_{jn}$ も限界回数 $\theta_{jlim}$ を超えていなかった場合には、上記ステップS50以下の処理を行わずにそのまま後述の処理へと進む。

【0108】一方、ステップS47において、マニピュレータ5が教示プログラムの再生中であつた場合にはステップS53へ進み、教示プログラム中の教示データから塗装ガン7に対する塗料噴射動作のON/OFF指示情報等を読み込む。

【0109】次に、上記ステップS46で設定した目標位置と、上記ステップS30で求めた現在位置とに基づき、CPU70がモータドライバD1～D6へ出力すべきマニピュレータ5の動作に対する指令信号を算出し、それらをデータインターフェイス72を介して出力する（ステップS54）。これにより、モータドライバD1～D6からマニピュレータ5の第1～第6可動部駆動ユニットのサーボモータへ動作指令信号が供給され、設定された目標位置へのマニピュレータ5の動作が実行される。又、CPU70は、上記ステップS53で読み込んだON/OFF指示情報等に基づき、塗装ガン7へのON/OFF指示信号等を入出力インターフェイス71を介して送信し、塗装ガン7の塗料噴射動作等を制御する（ステップS55）。

【0110】以後、制御周期毎に、上述した図13の処理が同様に実行され、待機中となる度に手首部分の各曲げ回数が監視されつつマニピュレータ5の物理的動作と塗装ガン7の塗料噴射動作とが制御される。これにより、教示プログラムに従った塗装作業が実行されると共に、手首部分のいずれかの可動部の曲げ回数 $\theta_{jn}$ が予め設定した限界回数 $\theta_{jlim}$ を超えたときには、待機中の上記ステップS48以下のチェック処理により、使用していたチューブの予備チューブ35への切替処理やチューブの交換指示がなされる。従って、破損したチューブで塗装作業が行われることは回避され、ワークを不良にすることなく、かつ、動力伝達機構内で塗料漏れを起こすこともなく、塗装作業を続行し、或いは、適宜チューブの交換を行うことが可能となる。

【0111】続いて、図14を参照して本塗装ロボットシステムの動作開始時と終了時とに行う演算処理について説明する。尚、図14においては、前半部分が動作開始時の演算処理を示し、後半部分が動作終了時の演算処理を示しており、これらの間に上述した制御周期毎の制御動作等が実行されるものとなっている。

【0112】動作開始時には、まず、コントローラ1において、記憶装置から制御演算用の緒元データを演算処理で使用するデータ記憶部（RAM）の所定領域に読み込む（ステップS60）。ここに、緒元データとは、上述した上限値 $\theta_{jmax}$ 、下限値 $\theta_{jmin}$ 及び限界回数 $\theta_{jlim}$ やその他マニピュレータ5の制御等に必要のデータであ



り、予め設定されて記憶装置に記憶されている。

【0113】次いで、記憶装置からロボットメンテナンスデータを同データ記憶部の所定領域に読み込む（ステップS61）。ここに、ロボットメンテナンスデータとは、前回の塗装作業までにカウントされた曲げ回数 $\theta_{jn}$ のデータやチューブ交換処理を行ったかどうかの情報等を含む本塗装ロボットのメンテナンスに関するデータであり、記憶装置には後述する動作終了時の演算処理によって記録されるものとなっている。

【0114】次に、制御動作で使用する各変数を初期化する（ステップS62）。尚、上記フラグ $\theta_{jchk\_fl}$ は、この初期化処理にて‘OFF’に初期化する。

【0115】以後、動作終了時処理が要求されるまで（ステップS63）、すなわち、コントローラ1に対して入力装置2等から塗装作業の終了指示信号が入力されるまで、メニュープログラム中の各種プログラムの処理を実行する（ステップS64）。このステップS64での各種プログラム実行により、タスクの切替等を行う処理や上述した制御周期毎の制御動作処理等が行われる。

【0116】そして、動作終了時処理が要求されるとステップS65へ進み、ロボットメンテナンスデータを記録する。すなわち、動作終了時処理が要求された時点での図13の処理における曲げ回数 $\theta_{jn}$ の値やチューブ交換処理を行ったかどうかの情報等を、コントローラ1がロボットメンテナンスデータとして記憶装置内に記録する。

【0117】又、他の所定のエラー情報を記録すると共に（ステップS66）、現在実行中であったプログラム名称等を記録することにより（ステップS67）現在の状態を保存して動作終了時処理を完了し、図14の処理を終了する。

#### 【0118】④第2形態の変形形態

以上が本塗装ロボットシステムにおける配管及び配線並びに制御動作の第2形態であるが、以下に上記同様の制御動作を適用できる配管の他の形態を挙げ、順に説明する。

#### 【0119】・配管の他の形態(i)

まず、通孔30内の各チューブ等の配置を上記図10と同様にし、塗装機器6側から塗装ガン7側に至るまでの接続形態を上記図11と異にする形態について説明する。図15にその接続形態図を示す。尚、この図も図11同様接続の形態を示すのみであり、又、各種チューブ等32と予備チューブ35の接続に関わる部分以外の構成要素を省略してある。

【0120】図15においては、図11同様、図中右側が塗装機器6側、中央が通孔30内、左側が塗装ガン7側に相当し、60-1~60-n、32-1~32-n、35がそれぞれ供給側チューブ、各種チューブ、予備チューブを表している。

【0121】61'-1、61'-2、…、61'-n 50

は各チューブが手首部分内部に入る直前に設けられた切替バルブであり、それぞれ、流入端側が供給側チューブ60-1、60-2、…、60-nと接続され、流出端側が各種チューブ32-1、32-2、…、32-n及び予備チューブ35と接続されている。各切替バルブ61'-iは、それぞれコントローラ1からの切替制御信号（図示略）によって動作し、各供給側チューブ60-iを各種チューブ32-i又は予備チューブ35のいずれか一方と接続する。図は予備チューブ35を使用しない通常時の状態（初期状態）を示しており、このときは各供給側チューブ60-iと各種チューブ32-iとの間が開放され、予備チューブ35側は閉鎖されている。これに対し、いずれかの切替バルブにコントローラ1から流路切替を指示する切替制御信号が供給されると、当該切替バルブの流路は図中上側の流路に切り替わり、供給側チューブと予備チューブ35との間が開放され、各種チューブ側は閉鎖される。

【0122】本接続形態では、各種チューブ32-1~32-nと予備チューブ35が切替バルブ61'-1~61'-nの流出端側直後から手首部分の内部へ入り、通孔30内を介してそのまま塗装ガン7の入口へ誘導されている。すなわち、図示のように、各種チューブ32-1~32-nの予備チューブ35への切替バルブは動力伝達機構内への入口直前にのみ設けられ、初期状態では予備チューブ35が供給側チューブ60-1~60-nのいずれとも接続されていないものとなっている。又、予備チューブ35は、その先端側も閉鎖されており、塗装ガン7の入口へ誘導されているだけである。

【0123】このような配管の接続形態において、上述した制御動作を同様に行うが、図13のステップS52におけるチューブ交換処理を行う場合にあっては、コントローラ1が1の切替バルブ61'-iに対してのみ流路切替を指示する切替制御信号を送信するようにする。これにより、当該1の切替バルブ61'-iの流路を図15中上側の流路に切り替え、供給側チューブ60-iと予備チューブ35とを接続し、破損のおそれがあるチューブに塗料等が供給される事態を回避する。そして、予備チューブ35を使用して塗装作業を行う際には、その先端側を供給側チューブ60-iと接続されるべき塗装ガン7の入口に改めて接続する。

#### 【0124】・配管の他の形態(ii)

次に、通常使用のチューブそれぞれに予備チューブを設ける配管の形態について説明する。その通孔30内の配管を図16に示す。この図も通孔30の図3におけるA-A'断面を示す図となっている。尚、ここでは配管のみについて説明することとし、上記光ファイバケーブル等の信号線についての説明は省略する（必要な信号線は上記同様に適宜配線することとすればよい。）。【0125】図16においては、上記同様、31が動力線、32が各種チューブ等、35が予備チューブを表し



ている。この形態では、図示のように、動力線31を中央に配置し、その外側に予備チューブ35を配置し、その更に外側に各種チューブ32を配置してある。すなわち、ここでは、塗装ガン7のON/OFF用エア供給のための動力線を中央に配置することは上記同様であるが、その外側にまず複数の予備チューブを配置し、それら予備チューブの外側に通常時の状態（初期の状態）に使用する各種チューブ等を配置する。

【0126】ここで、この配管の形態における各種チューブ等32と予備チューブ35について、塗装機器6側から通孔30を経て塗装ガン7側に至るまでの接続形態を説明する。図17にその接続形態図を示す。尚、この図も接続の形態を示すのみであり、各種チューブ等32と予備チューブ35の接続に関わる部分以外の構成要素は適宜省略してある。

【0127】図17においては、図中右側が塗装機器6側で中央の2点鎖線の間が手首部分内に内蔵される部分であり、左側に塗装ガン7がある。又、上記図11同様、60-1~60-n、32-1~32-n、63-1~63-nがそれぞれ供給側チューブ、各種チューブ、被供給側チューブを表している。

【0128】80-1、80-2、…、80-nは、各チューブが手首部分内部に入る直前に設けられた切替バルブであり、それぞれ、流入端側が供給側チューブ60-1、60-2、…、60-nと接続され、流出端側が各種チューブ32-1、32-2、…、32-n及び予備チューブ35-1、35-2、…、35-nと接続されている。このように、本配管形態では、各種チューブ32-1、32-2、…、32-nのそれぞれに対応して予備チューブ35-1、35-2、…、35-nが設けられ、すべての各種チューブが予備チューブと対になっている。そして、各種チューブ32-iが初期状態で供給側チューブ60-iと接続される方の流出端側に接続され、予備チューブ35-iが初期状態では閉鎖されている流出端側と接続されている。

【0129】各種チューブ32-1~32-nと予備チューブ35-1~35-nは、これら切替バルブ80-1~80-nの流出端側直後から手首部分の内部へ入り、通孔30内を上述した配置で誘導されている。そして、塗装ガン7側（手首部分先端の通孔30の出口側又は塗装ガン7の配管入口側）にもう一段切替バルブ81-1、81-2、…、81-nが設けられている。

【0130】切替バルブ81-1、81-2、…、81-nは、それぞれ、流入端側が各種チューブ32-1、32-2、…、32-n及び予備チューブ35-1、35-2、…、35-nと接続され、流出端側が被供給側チューブ63-1、63-2、…、63-nと接続されている。ここでも各種チューブ32-iが初期状態で被供給側チューブ63-iと接続される方の流出端側に接続され、予備チューブ35-iが初期状態では閉鎖され

ている流出端側と接続されている。そして、このような配管接続により、予備チューブ35-1~35-nは、切替バルブ80-1~80-nと81-1~81-nとの間（主として手首部分内部）にのみ配置されたものとなっている。

【0131】又、切替バルブ80-1と81-1、80-2と81-2、…、80-nと81-nは、それぞれ、図中に破線で示す途中から2系統に分岐した共通の信号線と接続されている。この信号線は、上記ケーブル4中に含まれ、第1アーム5dやボックス5a等の内部空隙を通してコントローラ1と接続されている。すなわち、コントローラ1は、これらの信号線を介して各切替バルブに対する切替制御信号を送信し、それぞれの流路を形成する切替バルブ80-iと81-iの組は、コントローラ1からの切替制御信号を同時に受けて同時に動作することができるようになっている。

【0132】従って、コントローラ1から流路切替を指示する切替制御信号が供給されない通常時の状態（初期状態）では、図示のように、各切替バルブの組において各種チューブ32-iと供給側チューブ60-i及び各被供給側チューブ63-iとの間が開放され、予備チューブ35-i側は閉鎖されている。これに対し、コントローラ1から流路切替を指示する切替制御信号が供給されると、これを受けた切替バルブ80-iと81-iとが同時に動作して流路が切り替わり、予備チューブ35-iと供給側チューブ60-i及び被供給側チューブ63-iとの間が開放され、各種チューブ側は閉鎖される。

【0133】このような配管の接続形態において、上述した制御動作を同様に行うが、図13のステップS52におけるチューブ交換処理では、コントローラ1がいずれかの切替バルブの組に対して流路切替を指示する切替制御信号を送信するようにする。これにより、当該組の切替バルブ80-i及び81-iの流路を切り替え、供給側チューブ60-iと被供給側チューブ63-iとの間を予備チューブ35-iで接続する。

【0134】この場合、本配管形態では、その切替制御信号を送信する切替バルブの組数は1組に限らず任意である。すなわち、予備チューブへ交換すべきところを適宜複数選択して複数の切替バルブの組に対して切替制御信号を送信してもよいし、或いは、すべての組に対して切替制御信号を送信することとしてもよい。但し、本配管形態を適用する場合には、上記ロボットメンテナンスデータ中のチューブ交換処理を行ったかどうかの情報は各予備チューブそれぞれについて更新して管理するようにする。

【0135】以上、本発明の実施の形態について説明したが、上述した配管等の第1形態と第2形態とを組み合わせることとしてもよい。すなわち、塗装ロボットシステムにおいて、第1形態の構成（異常検出用の信号線

10

20

30

40

50

等)と第2形態の構成(予備チューブと切替バルブ等)とを共に具備し、第1形態の塗装システムチェック処理を行って異常が検出されたときに第2形態のチューブ交換処理を行うこととしたり、更には、そのチューブ交換処理にて予備チューブへの交換が既になされていた場合に、第1形態における塗装ガン7の噴射動作とマニピュレータ5の動作とを停止させる処理や、塗装ガン7の噴射動作のみを停止してマニピュレータ5を位置軌道再生後に停止させる処理等を行うこととしてもよい。

【0136】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、可動部に沿って配管が設けられた工業用ロボットにおいて、流体が供給される側からの信号を伝達する信号伝達手段を配管に沿って配線し、伝達されてきた信号の強度に基づいて配管の破損可能性を判断することとしたので、配管が可動部の動作によって劣化していき、折れや亀裂、破れ、切断等が生じて実際に破損する前に、破損するおそれがあるかどうかを検知することができる。これにより、多くの工数や費用等を要せずして容易に配管の破損を未然防止することが可能となり、作業対象物を不良とすることを回避して生産性を向上させることができるという効果が得られる。

【0137】更に、配管から塗料やエア等の作業に要する流体が漏れることも未然に防ぐことが可能となるので、配管が設けられた部分の部品交換を回避することができる。これにより、保守性が向上し、メンテナンスの工数や費用等が削減されて保守コストが低減すると共に、生産性も一層向上するという効果が得られる。

【0138】そして、請求項2記載の発明によれば、配管の破損可能性があったときに作業の実施を停止させることとしたので、破損した配管で作業が行われることを確実に回避することができる。これにより、作業対象物を破損したり不良としたりすることなく生産性の向上を図ることができると共に、破損した配管に流体が供給され続けることによって生ずるランニングコストの無駄を省くこともできる。

【0139】尚、請求項3記載の発明では、信号伝達手段を光ファイバによって構成することとしたので、塗装ロボット等のような防塵性を担保する必要がある工業用ロボットにおいても本発明を良好に適用することができる。

【0140】一方、請求項4記載の発明によれば、配管に沿って予備配管を設け、同配管に沿って配線された信号伝達手段によって伝達されてきた信号の強度に基づいて配管の破損可能性を判断し、破損可能性があったときに流体の供給に使用する配管を予備配管へ切り替えることとしたので、使用している配管が実際に破損する前に、破損するおそれが生じた時点で予備配管へ切り替えることができる。これにより、配管の破損を未然防止して破損可能性のない配管で作業を続けることが可能とな

り、作業対象物を不良とすることがない上にメンテナンス周期も延長され、生産性が向上するという効果が得られる。

【0141】又、請求項5記載の発明によれば、可動部の動作回数を計数し、計数された動作回数が所定の回数を超えたときに予備配管への切替を指示することとしたので、可動部の動作回数が所定の回数を超えたかどうかによって使用中の配管が破損するかどうか監視されることになり、使用中の配管が破損する前に予備配管へ切り替えることが可能となる。これにより、配管から流体が漏れることを未然に防ぐことができ、保守性が向上して保守コストが低減すると共に、上記同様生産性の向上も図り得るという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態による工業用ロボットを用いて構成した塗装ロボットシステムの全体構成を示す図である。

【図2】 図1におけるマニピュレータ5を動作形態が把握できるように示した模式図である。

【図3】 マニピュレータ5の手首部分の断面図である。

【図4】 マニピュレータ5の数学モデルを示す図である。

【図5】 本塗装ロボットシステムにおける配管及び配線の第1形態を示す図である。

【図6】 同第1形態における本塗装ロボットシステムの信号の系統図である。

【図7】 同第1形態におけるマニピュレータ5全体についての制御を含む制御動作の処理手順を示す図である。

【図8】 図7の処理中に行われる塗装システムチェックの処理手順を示す図である。

【図9】 同第1形態の変形形態の1つを示す図である。

【図10】 本塗装ロボットシステムにおける配管及び配線の第2形態を示す図である。

【図11】 同第2形態における各チューブの接続形態を示す図である。

【図12】 同第2形態における本塗装ロボットシステムの信号の系統図である。

【図13】 同第2形態におけるマニピュレータ5全体についての制御を含む制御動作の処理手順を示す図である。

【図14】 同第2形態における本塗装ロボットシステムの動作開始時と終了時に行う演算処理の手順を示す図である。

【図15】 同第2形態の変形形態の1つを示す図である。

【図16】 同第2形態の変形形態の他の1つを示す図である。

\* 12、15、18、21、24、27 回轉軸

30 通孔

### 3 1 動力線

32-1~32-n 各種チューブ

33-1、33-2 光ファイバケーブル

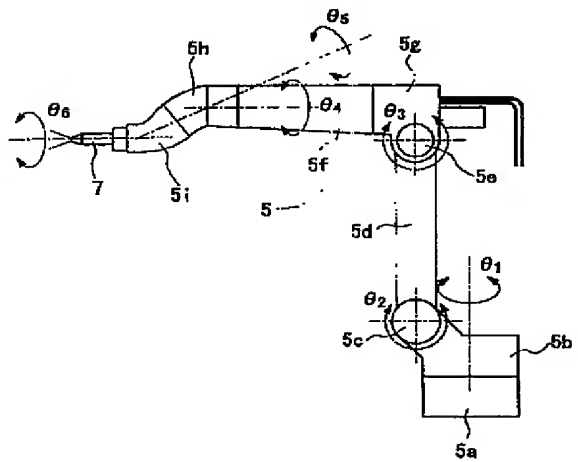
### 34 信号伝達用ケーブル

35、35-1~35-n 予備チューブ

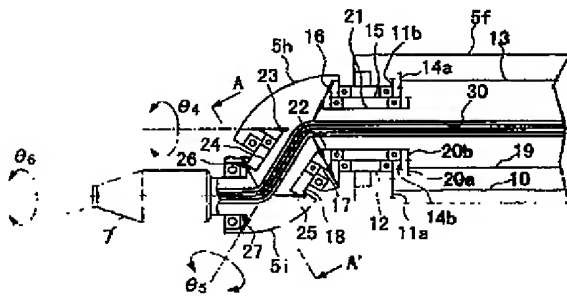
$$61-1 \sim 61-n, 62-1 \sim 62-n, 61'-1 \sim 61'-n, 80-1 \sim 80-n, 81-1 \sim 81-$$

※10 n 切替バルブ

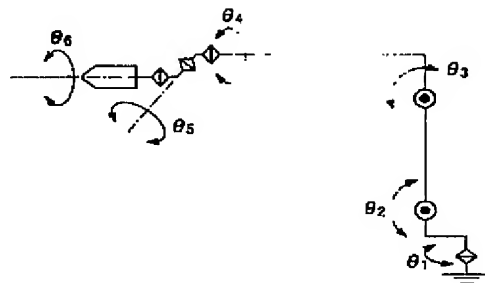
【図2】



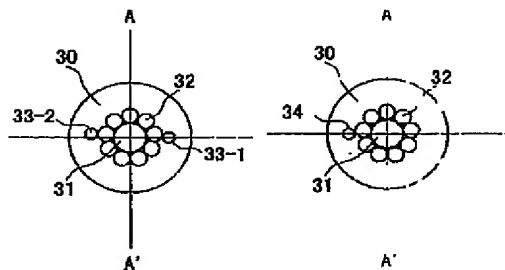
【図 3】



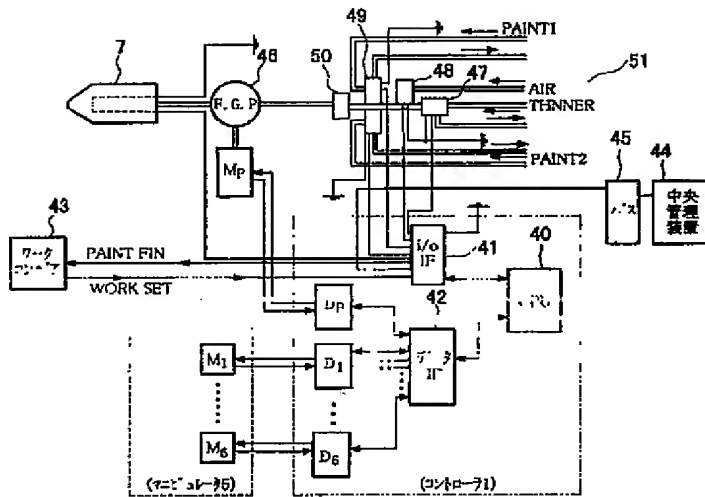
【図4】



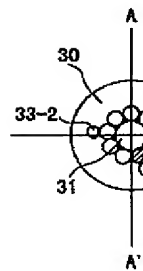
【圖9】



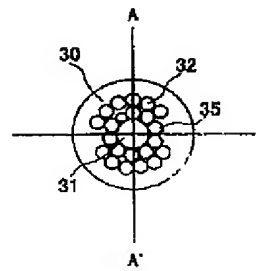
【図6】



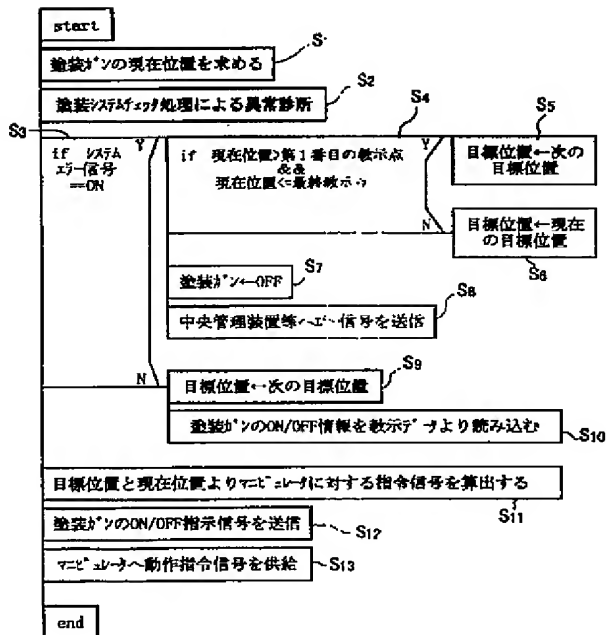
【図10】



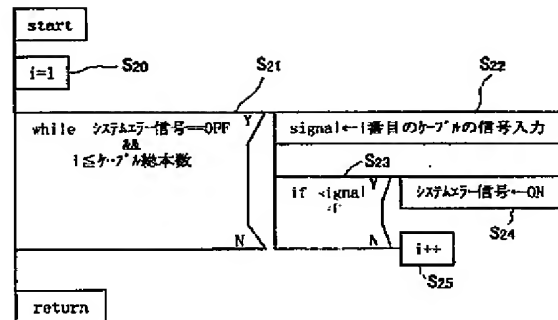
【図16】



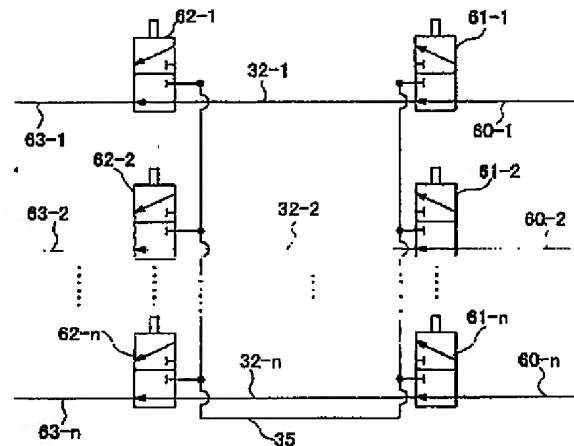
【図7】



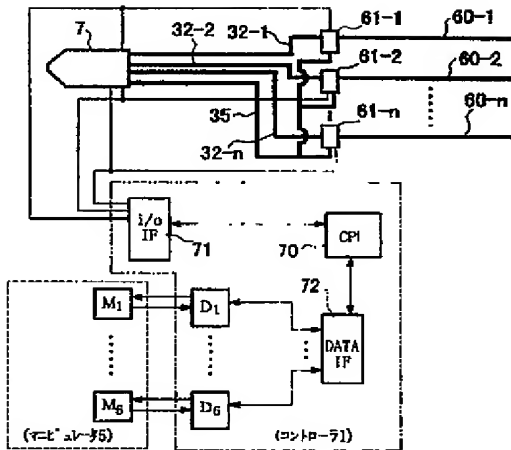
【図8】



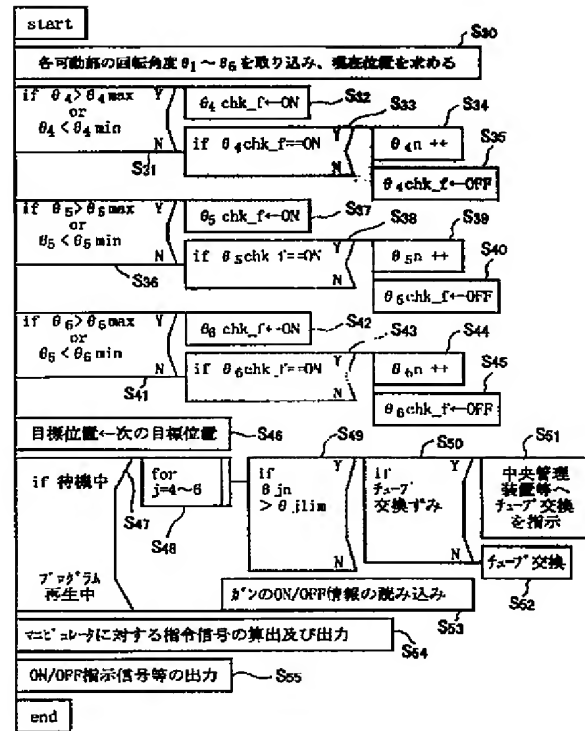
【図11】



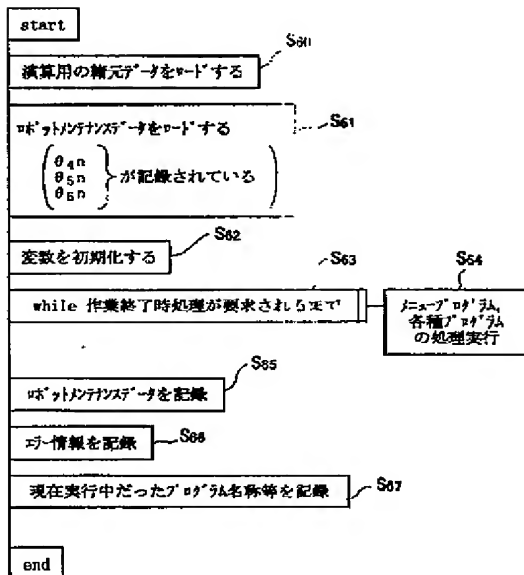
【図12】



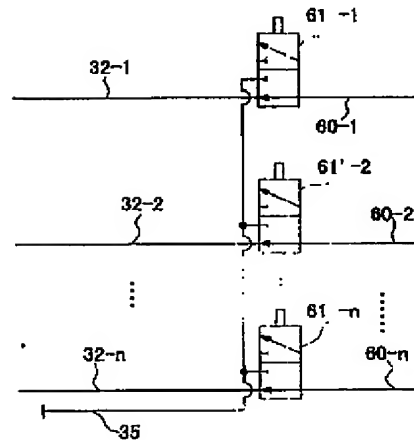
【図13】



【図14】



【図15】



【図17】

